

СВЕРХПЛАСТИЧНОСТЬ СПЛАВА 1545К

Юзбекова Д.Ю.

Руководитель - к.т.н. Могучева А.А.

НИУ БелГУ, г. Белгород, Россия

tagirovadiana@mail.ru

Микроструктурные исследования показали, что в результате равноканального углового прессования (РКУП) сплава 1545К при температуре 300°C до степени деформации $\epsilon \sim 12$ в материале формируется однородная ультрамелкозернистая (УМЗ) структура (рис. 1(а)). Объемная доля рекристаллизованных зерен со средним размером зерна 800 нм составляет $\sim 90\%$ (рис. 1(а)). Объемная доля высокоугловых границ равна $\sim 90\%$, что характерно для традиционных зеренных структур, средний угол разориентировки при этом равен 37° (рис. 1(б)).

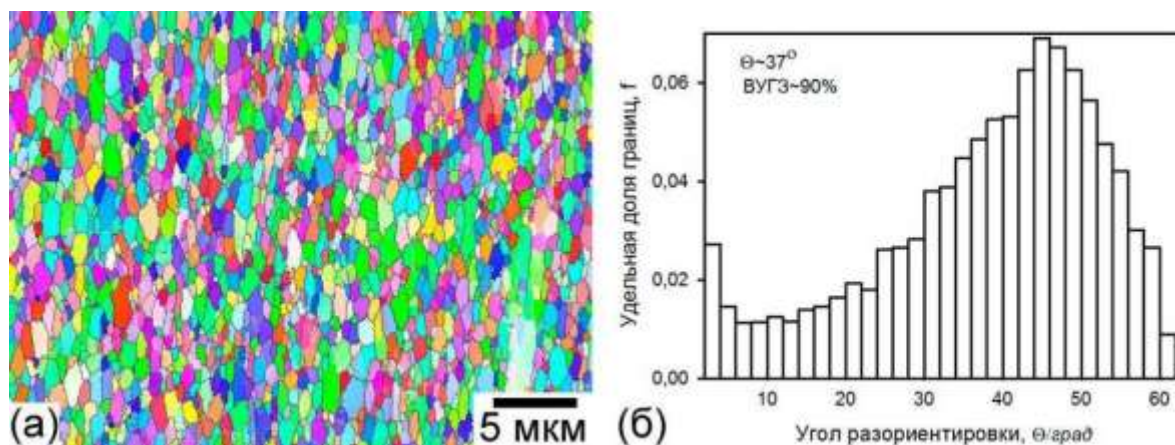


Рисунок 1 – Микроструктура сплава 1545К после РКУП (а) и диаграмма распределения углов разориентировок границ в зависимости от их удельной доли (б)

Механические испытания проводили на плоских образцах при скоростях деформации от $2,8 \times 10^{-3}$ до $5,6 \times 10^{-1} \text{ с}^{-1}$ в интервале температур 250–500°C. На графиках зависимостей напряжения течения и коэффициента скоростной чувствительности от скорости деформации (рис. 2(а), (б)) хорошо различимы три характерные для сверхпластичных материалов области деформации. σ - ϵ кривые имеют сигмоидальную форму при всех температурах (рис. 2(а)). В интервале температур 250–450°C пиковое напряжение уменьшается с ростом температуры во всем интервале скоростей деформации. Повышение температуры до 500°C сохраняет такую тенденцию только при $\dot{\epsilon} \leq 1,4 \times 10^{-3} \text{ с}^{-1}$, т.е. при более высоких скоростях деформации с увеличением температуры от 450 до 500°C пиковое напряжение возрастает.

Увеличение температуры до 450°C приводит к смещению оптимального скоростного интервала сверхпластичности в сторону больших скоростей деформации и увеличению значений m от 0,44 при 250°C до 0,55 при 450°C. При дальнейшем повышении температуры до 500°C наблюдается противоположная тенденция (рис. 2(б)).

В интервале температур 400–450°C относительное удлинение ≥ 700 наблюдается в широком диапазоне скоростей деформации $5,6 \times 10^{-1} - 2,8 \times 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ (рис. 2(в), (г)). Дальнейшее увеличение температуры до 500°C, приводит к резкому падению удлинения до разрушения в области скоростей деформации $2,8 \times 10^{-2} - 6,9 \times 10^{-1} \text{ с}^{-1}$, в то время как при $\dot{\epsilon} \leq 1,4 \times 10^{-2} \text{ с}^{-1}$ значения δ увеличиваются с ростом температуры (рис. 2(в)).

Так же следует отметить, что максимальное значение $m \sim 0,65$, полученное при 500°C и $\dot{\epsilon} = 2,8 \times 10^{-3} \text{ с}^{-1}$, обнаружено во второй области и имеет тенденцию к снижению по обе стороны от данной скорости деформации.

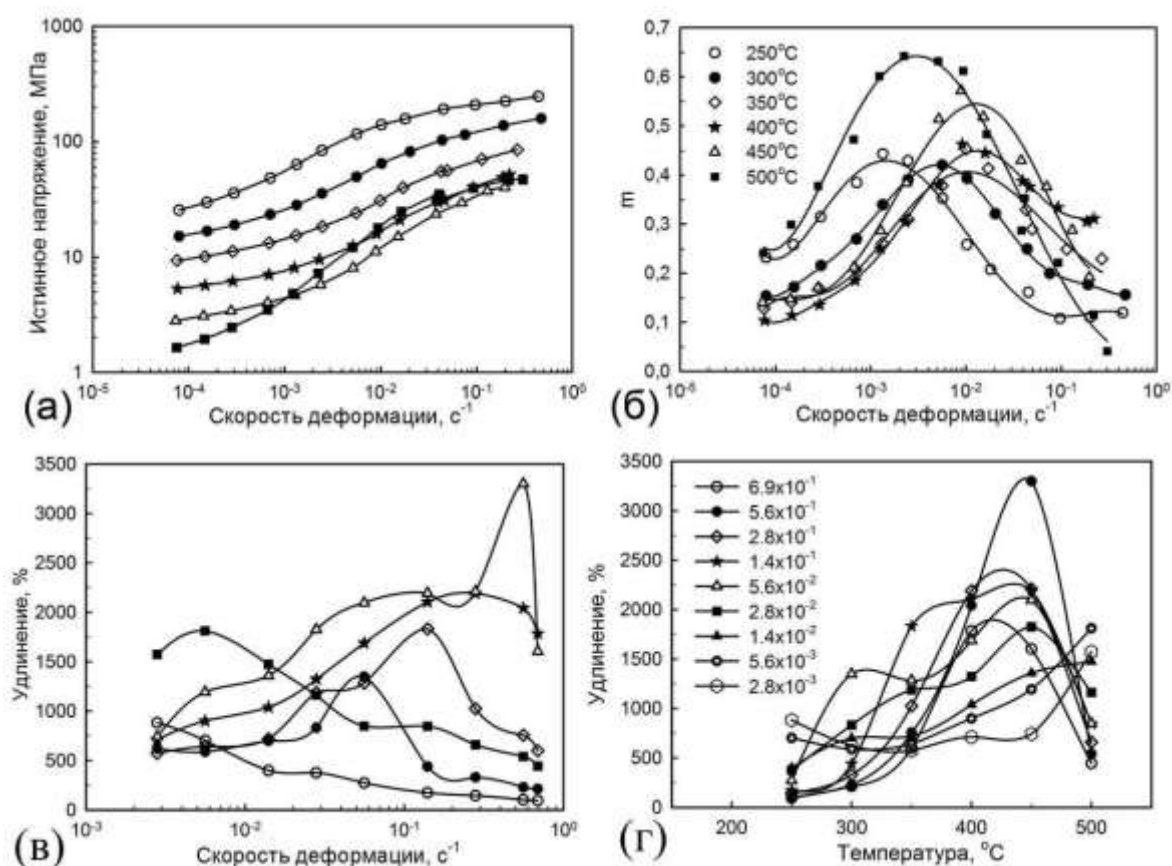


Рисунок 2 – Кривые зависимости истинного напряжения (а), коэффициента скоростной чувствительности (б), удлинения до разрушения (в) от скорости деформации и температурная зависимость удлинения до разрушения (г) сплава 1545K

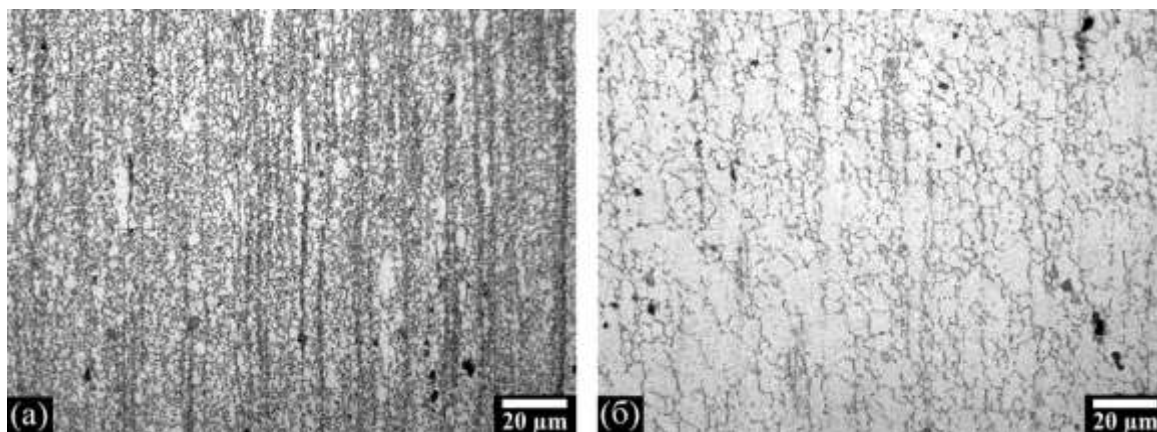


Рисунок 3 – Микроструктура сплава в области захватов образцов после испытаний на растяжение при скорости деформации $\dot{\epsilon}=1,4 \times 10^{-2} \text{ с}^{-1}$ и температурах 450°C (а), 500°C (б)

Известно, что на сверхпластические характеристики УМЗ материалов влияет так же устойчивость сплава к укрупнению зерна. Из рисунка 3 видно, что УМЗ структура сплава 1545К, сформированная путем обработки РКУП, демонстрирует стабильность при статическом отжиге до 450°C.

Максимальные сверхпластические удлинения $\sim 3300\%$ были получены при температуре 450°C и скорости деформации $5,6 \times 10^{-1} \text{ с}^{-1}$. Объемная доля пор в рабочей части образца при этом была относительно низкой ($\leq 5\%$). Рекристаллизованные зерна сплава 1545К со средним размером $\sim 1 \text{ мкм}$ после испытания на растяжение остались равноосными.

Следует отметить, что сплав 1545К, подвергнутый РКУП, демонстрирует высокие сверхпластические удлинения, превышающие максимально необходимые (600%) для промышленной пневмоформовки, во всем интервале исследуемых температур, что дает возможность для изготовления листовых деталей сложной формы методом формовки в состоянии сверхпластичности.

Работа выполнена на оборудовании ЦКП НИУ «БелГУ» при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, государственный контракт № 02.740.11.0510.

Выводы

1. РКУП сплава 1545К обеспечивает достижение сверхпластических удлинений благодаря однородности рекристаллизованной структуры, а так же ее стабильности при статическом отжиге до 450°C.

2. Максимальное удлинение $\sim 3300\%$ было получено при температуре 450°C и скорости деформации $5,6 \times 10^{-1} \text{ с}^{-1}$.